

**Društvo matematikov, fizikov
in astronomov Slovenije**

Jadranska ulica 19
1000 Ljubljana

Tekmovalne naloge DMFA Slovenije

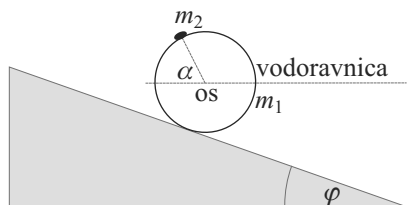
Društvo matematikov, fizikov in astronomov Slovenije dovoljuje shranitev v elektronski obliki, natis in uporabo gradiva v tem dokumentu **za lastne potrebe učenca/dijaka/študenta in za potrebe priprav na tekmovanje na šoli, ki jo učenec/dijak/študent obiskuje**. Vsakršno drugačno reproduciranje ali distribuiranje gradiva v tem dokumentu, vključno s tiskanjem, kopiranjem ali shranitvijo v elektronski obliki je prepovedano.

Še posebej poudarjamo, da **dokumenta ni dovoljeno javno objavljati na drugih spletnih straneh** (razen na www.dmfa.si), dovoljeno pa je dokument hraniti na npr. spletnih učilnicah šole, če dokument ni javno dostopen.

Skupina I

Kjer je potrebno, vzemi za težni pospešek vrednost $9,8 \text{ m/s}^2$.

- Na rolki z maso 3 kg stoji dekle z maso 57 kg in drži v roki dve medicinki (žogi) z masama 5 kg in 10 kg . Dekle nato zaporedoma vrže žogi nazaj v vodoravni smeri s hitrostjo 20 km/h *glede na sebe*; najprej težjo, nato lažjo.
 - S kolikšno hitrostjo se pelje dekle po tem, ko odvrže prvo žogo?
 - S kolikšno hitrostjo pa se pelje po tem, ko ostane brez žog?
 - Ali se hitrost pri b) spremeni, če meče žogi v obratnem vrstnem redu? Utemelji!
- Na obod pločevinke v obliki valja z maso $m_1 = m$ prilepimo majhno svinčeno utež z maso $m_2 = 7m$. Pločevinko nato položimo na klanec z naklonskim kotom $\varphi = 30^\circ$ in poiščemo lego, pri kateri brez dodatne podpore miruje (glej sliko).



- Najmanj kolikšen mora biti koeficient lepenja med pločevinko in klancem, da je taka stabilna lega sploh možna? Pri tem vprašanju obravnavaj ves sistem kot točkasto telo z maso $m_1 + m_2$.
 - Zveznica med svinčeno utežjo in simetrijsko osjo pločevinke oklepa z vodoravnico kot α . Kolikšen je ta kot v stabilni legi?
- Potnik z višino 175 cm se pelje stoje na mestnem avtobusu. Težišče potnika je na višini 110 cm , nad sredino čevljev, ki so številka 44 (podplat dolžine 30 cm). Potnik stoji v smeri vožnje.
 - S kolikšnim največjim pospeškom lahko pospešuje avtobus, da se potnik ne prevrne, če stoji togo in vzravnano? (Pri računanju navorov je smiselno postaviti os v težišče.)
 - Avtobus pelje v ovinku z radijem 20 m s stalno hitrostjo 20 km/h . Za kolikšen kot glede na navpičnico in v kateri smeri naj se potnik togo nagne, da se ne prevrne? (Privzemi, da sila podlage prijema v točki, ki je v sredini čevljev.)

Skupina II

Kjer je potrebno, vzemi za težni pospešek vrednost $9,8 \text{ m/s}^2$.

1. Tok, ki teče skozi električni zaganjalnik ob zaganjanju bencinskega motorja, je lahko precej velik. Določimo ga z naslednjim poskusom. V vozilu najprej vključimo sprednje žaromete, ki imajo skupno nazivno moč 110 W . Z idealnim voltmetrom pomerimo napetost na akumulatorju. Ta pokaže $13,0 \text{ V}$. Nato ob vključenih sprednjih žarometih vključimo še zavorne in druge luči, ki imajo skupno nazivno moč 100 W . Voltmeter zdaj pokaže nekoliko manjšo napetost $12,7 \text{ V}$. Na koncu ugasnemo luči in žaromete, voltmeter pustimo priključen na akumulator in obrnemo ključ, da poženemo zaganjalnik. Napetost, ki jo kaže voltmeter med obratovanjem zaganjalnika, pade na $9,5 \text{ V}$.

Upoštevaj, da se upor žarnic ne spremeni dosti pri majhnih spremembah napetosti. Nazivna moč žarnice je enaka moči pri napetosti 12 V . Žice so idealni prevodniki, notranjega upora akumulatorja pa ne smeš zanemariti. Porabniki so na akumulator priključeni vzporedno.

- a) Izračunaj tokova pri prvih dveh meritvah.
- b) Izračunaj, kolikšen tok teče skozi zaganjalnik ob zaganjanju motorja.

2. V toplotno izolirano posodo s prostornino $3,4 \text{ l}$ zapremo zrak. Posoda se nadaljuje v valjast vrat s presekom 10 cm^2 . Na dnu vratu je lahek zamašek, ki se tesno prilega vratu in se v njem lahko premika. Posoda je toplotno izolirana, vanjo je napoljen električni grelec. Tlak zraka v posodi je enak zunanjemu zračnemu tlaku 100 kPa . Grelec vključimo.

Kilomolska masa zraka je 29 kg/kmol , razmerje specifičnih toplot je $\kappa = 1,4$ in splošna plinska konstanta 8300 J/kmolK . Specifični toploti sta $c_p = \frac{\kappa R}{M(\kappa-1)}$ in $c_v = \frac{R}{M(\kappa-1)}$.

- a) Zamašek pri miru zadržuje sila lepenja, ki lahko doseže največ $1,0 \text{ N}$. Kolikšna je temperatura zraka, ko zamašek popusti in začne drseti vzdolž vratu posode, če je začetna temperatura $20 \text{ }^\circ\text{C}$?
- b) Koliko toplote preda grelec plinu do tega trenutka?

3. Spodnja plošča velikega vodoravnega ploščatega kondenzatorja je pritrjena na izolirana tla, zgornja plošča pa visi na vzmeti s prožnostnim koeficientom 1 N/m . Ploščina posamezne plošče je 1 m^2 . Nenabiti plošči sta v ravnovesju na medsebojni razdalji 1 mm .

Influenčna konstanta je $\varepsilon_0 = 8,9 \cdot 10^{-12} \text{ As/Vm}$. (Ne pozabi, da k jakosti električnega polja v kondenzatorju prispeva vsaka plošča polovico.)

- a) Pri prvem poskusu na kondenzator priključimo napetost $7,5 \text{ V}$, a pri tem plošči držimo na prvotni razdalji. Kolikšen naboj se nabere na ploščah in kolikšna je električna poljska jakost v kondenzatorju?
- b) Napetost izključimo in nato plošči spustimo. Kolikšna je nova ravnovesna razdalja med ploščama?
- c) Med plošči ponovno priključimo napetost, ki pa sedaj ostane ves čas priključena. Kolikšna naj bo ta napetost, da bo ravnovesna razdalja polovico začetne (ko na ploščah še ni bilo naboja)?

Skupina III

Kjer je potrebno, vzemi za težni pospešek vrednost $9,8 \text{ m/s}^2$.

1. Tok, ki teče skozi električni zaganjalnik ob zaganjanju bencinskega motorja, je lahko precej velik. Določimo ga z naslednjim poskusom. V vozilu najprej vključimo sprednje žaromete, ki imajo skupno nazivno moč 110 W . Z idealnim voltmetrom pomerimo napetost na akumulatorju. Ta pokaže $13,0 \text{ V}$. Nato ob vključenih sprednjih žarometih vključimo še zavorne in druge luči, ki imajo skupno nazivno moč 100 W . Voltmeter zdaj pokaže nekoliko manjšo napetost $12,7 \text{ V}$. Na koncu ugasnemo luči in žaromete, voltmeter pustimo priključen na akumulator in obrnemo ključ, da poženemo zaganjalnik. Napetost, ki jo kaže voltmeter med obratovanjem zaganjalnika, pade na $9,5 \text{ V}$.

Upoštevaj, da se upor žarnic ne spremeni dosti pri majhnih spremembah napetosti. Nazivna moč žarnice je enaka moči pri napetosti 12 V . Žice so idealni prevodniki, notranjega upora akumulatorja pa ne smeš zanemariti. Porabniki so na akumulator priključeni vzporedno.

- a) Izračunaj tokova pri prvih dveh meritvah.
- b) Izračunaj, kolikšen tok teče skozi zaganjalnik ob zaganjanju motorja.

2. Na pobočju hriba sta navpično postavljeni dve enaki palici, ki pričneta padati v smer, v katero ju rahlo sunemo. Pri tem upoštevaj, da spodnji krajišči palic ostaneta na mestu, palici pa se pri padcu zavrtita z zanemarljivo začetno kotno hitrostjo. Prva palica pade po pobočju hriba navzdol, druga pa po pobočju navzgor.

- a) Določi hitrosti v_1 in v_2 zgornjih krajišč palic tik preden udarita ob tla. Naklon pobočja je 30° , posamezna palica ima dolžino $1,5 \text{ m}$.
- b) Določi naklon φ pobočja hriba, če je razmerje hitrosti krajišč palic tik nad tlemi enako $2 : 1$.

Vztrajnostni moment palice z maso m in dolžino l okrog osi skozi središče je $\frac{1}{12}ml^2$.

3. Termokolektor (pravokotna plošča, v kateri po gosto napeljanih cevkah teče voda) ima ploščino 4 m^2 . Sončna svetloba vpada pravokotno na kolektor. Skozi kolektor teče voda s prostorninskim tokom 2 l/min ; v kolektor vstopa s temperaturo okolice 17° C , kolikor je tudi temperatura tal. Na spodnji strani oddaja kolektor toploto s prevajanjem; razmerje med koeficientom toplotne prevodnosti in debelino plasti, skozi katero teče toplota, je $\lambda/d = 10 \text{ W/m}^2 \text{ K}$.

Specifična toplota vode je 4200 J/kgK , gostota vode 1000 kg/m^3 , gostota svetlobnega toka s Sonca 800 W/m^2 . Termokolektor obravnavaj kot črno telo.

- a) Za koliko se segreje voda v kolektorju, če zanemariš sevanje in prevajanje?
- b) Za koliko pa se segreje, če zanemariš sevanje, ne zanemariš pa prevajanja? Za temperaturo kolektorja vzemi kar izstopno (končno) temperaturo vode.
- c) Za koliko pa se segreje, če upoštevaš še sevanja kolektorja z zgornje ploskve? Za temperaturo kolektorja vzemi kar izstopno (končno) temperaturo vode. Za $\Delta T \ll T$ velja $(T + \Delta T)^4 \approx T^4 + 4T^3\Delta T$. Stefan-Boltzmannova konstanta je $5,67 \cdot 10^{-8} \text{ W/m}^2 \text{ K}^4$.

Regijsko tekmovanje srednješolcev iz fizike v letu 2013

©Tekmovalna komisija pri DMFA

22. marec 2013

Kazalo

1	Skupina I – rešitve	2
2	Skupina II – rešitve	5
3	Skupina III – rešitve	8

1 Skupina I – rešitve

1. Podatki: $m_d = 57$ kg, $m_r = 3$ kg, $m_1 = 10$ kg, $m_2 = 5$ kg, $v_0 = 20$ km/h.

a) Hitrost po prvem metu, s katero se giblje dekle na rolki skupaj z drugo medicinko, označimo z v . Potem je hitrost prve medicinke glede na okolico $v_0 - v$ in se giblje v drugo smer. Na začetku je bila gibalna količina dekleta in žog 0, zato:

$$0 = (m_d + m_r + m_2)v - m_1(v_0 - v).$$

Dobimo

$$v = \frac{m_1 v_0}{m_d + m_r + m_2 + m_1} = 2,7 \text{ km/h} = 0,74 \text{ m/s}.$$

[4 t.]

b) Hitrost po drugem metu, s katero se giblje dekle na rolki, označimo z v' . Hitrost druge medicinke po metu je sedaj $v_0 - v'$. Gibalna količina dekleta na rolki in druge medicinke pred drugim metom pa je enaka njihovi gibalni količini po prvem trku. Iz ohranitve gibalne količine sledi

$$(m_d + m_r + m_2)v = (m_d + m_r)v' - m_2(v_0 - v').$$

Dobimo

$$v' = v + \frac{m_2 v_0}{m_d + m_r + m_2} = 4,2 \text{ km/h} = 1,17 \text{ m/s}.$$

[4 t.]

c) V primeru, ko zamenjamo vrstni red medicink, je hitrost *manjša* (za 0,015 km/h).
[2 t.] (Kot utemeljitev zadošča primerno natančen račun.)

2. Podatki: $m_1 = m$, $m_2 = 7m$, $\varphi = 30^\circ$

a) Na sistem obeh teles deluje sila podlage in teža. Podlago razdelimo na silo lepenja F_l v smeri klanca in na pravokotno komponento F_n . Če postavimo koordinatni sistem tako, da os x kaže po klanecu navzdol, in težo razstavimo na komponento v smeri osi x in y dobimo za ravnovesje sil

$$(m_1 + m_2)g \sin \varphi = F_l, \quad (m_1 + m_2)g \cos \varphi = F_n.$$

Za koeficient lepenja velja

$$k_l \geq \frac{F_l}{F_n} = \tan \varphi = 0,58.$$

[4 t.]

b) Navori na valj (pločevinko) morajo biti v ravnovesju. Os za računanje navorov postavimo v geometrijsko os valja: prispeva sila uteži, ki je enaka kar velikosti teže uteži, in sila lepenja; navor pravokotne sile podlage je 0 ker je kot med ročico in to silo enak 0, prav tako ne prispeva teža pločevinke, ker je ročica enaka 0.

$$m_2 g r \sin(90^\circ - \alpha) = F_l r = (m_1 + m_2) g r \sin \varphi,$$

pri čemer smo za F_l vstavili izraz, ki smo ga izpeljali pri a). Dobimo dve rešitvi

$$\sin(90^\circ - \alpha) = \cos \alpha = \frac{m_1 + m_2}{m_2} \sin \varphi$$

$$\alpha = \arccos\left(\frac{4}{7}\right) = \pm 55^\circ.$$

[6 t.] (Kot pravilno rešitev upoštevamo tudi rešitev bodisi samo s pozitivnim bodisi samo z negativnim predznakom.)

3. Podatki: $h = 175 \text{ cm}$, $h^* = 110 \text{ cm}$, $l = 30 \text{ cm}$, $r = 20 \text{ m}$, $v = 20 \text{ km/h}$

a) Na potnika deluje teža in sila podlage; navpična komponenta podlage uravnovesi težo, vodoravna komponenta pa poskrbi, da se potnik giblje s pospeškom a :

$$F_n = mg, \quad F = ma.$$

Potnik se ne prevrne, če je vsota navorov na os skozi težišče enaka 0. V mejnem primeru sila podlage prijema v točki, ki je na skrajnem robu čevlja (pri prstih):

$$F_n \frac{l}{2} = Fh^* = mah^*,$$

Največji pospešek je potem

$$a = \frac{F_n l}{2mh^*} = \frac{gl}{2h^*} = 1,34 \text{ m/s}^2.$$

[5 t.]

b) V tem primeru igra vodoravna komponenta sile podlage vlogo centripetalne sile in je enaka produktu mase potnika in centripetalnega pospeška

$$F = m \frac{v^2}{r}.$$

Da bo potnik v ravnovesju, mora biti vsota navorov enaka nič za os skozi težišče potnika. Navor teže je 0, ker je ročica enaka 0, navor podlage pa bo enak 0, če gre sila podlage skozi težišče. Iz razmerja vodoravne in navpične komponente dobimo naklon potnika. Enak rezultat dobimo tudi, če zahtevamo, da je navor vodoravne komponente nasprotno enak navoru pravokotne komponente podlage:

$$F_n h^* \sin \varphi = F h^* \sin(90^\circ - \varphi)$$

oziroma

$$mgh^* \sin \varphi = mah^* \cos \varphi,$$

od koder

$$\tan \varphi = \frac{a}{g} = \frac{v^2}{rg} = 0,157,$$
$$\varphi = 8,9^\circ.$$

[5 t.]

2 Skupina II – rešitve

1. Podatki: $U_1 = 13,0 \text{ V}$, $U_2 = 12,7 \text{ V}$, $U_n = 12,0 \text{ V}$, $U_3 = 9,5 \text{ V}$, $P_1 = 110 \text{ W}$, $P_2 = 100 \text{ W}$

a) Upora žarometov in žarnic dobimo iz podatka za moč pri nazivni napetosti:

$$R_1 = \frac{U_n^2}{P_1}, \quad R_2 = \frac{U_n^2}{P_2}.$$

Tokova, ki ju akumulator poganja v obeh primerih sta

$$I_1 = \frac{U_1}{R_1} = \frac{P_1 U_1}{U_n^2} = 9,9 \text{ A},$$
$$I_2 = \frac{U_2}{R_1} + \frac{U_2}{R_2} = \frac{(P_1 + P_2) U_2}{U_n^2} = 18,5 \text{ A}.$$

[4 t.]

b) Gonilna napetost akumulatorja je U_0 , njegov notranji upor pa R_N . Določimo ju s prvim delom poskusa. Gonilna napetost je vedno enaka vsoti padcev napetosti v vezju. Za prvo in drugo vezavo porabnikov sta

$$U_0 = R_N I_1 + U_1,$$
$$U_0 = R_N I_2 + U_2.$$

Od tod takoj sledi

$$R_N = \frac{U_1 - U_2}{I_2 - I_1} = 0,035 \Omega$$

in

$$U_0 = R_N I_1 + U_1 = 13,3 \text{ V}.$$

[4 t.]

Zagonski tok izračunamo iz znanih padcev napetosti:

$$U_0 = R_N I_z + U_3, \quad I_z = \frac{U_0 - U_3}{R_N} = 110 \text{ A}.$$

[2 t.]

2. Podatki: $V = 3,4 \text{ l}$, $S = 10 \text{ cm}^2$, $p_0 = 100 \text{ kPa}$, $T_0 = 20 \text{ }^\circ\text{C}$, $F = 1,0 \text{ N}$,
 $M = 29 \text{ kg/kmol}$, $\kappa = 1,4$

a) V tem primeru gre za segrevanje pri konstantni prostornini, pri čemer se tlak poveča od začetnega p_0 do končnega

$$p = p_0 + \frac{F}{S} = 101 \text{ kPa}.$$

Iz plinske enačbe

$$\frac{p}{T} = \frac{p_0}{T_0} \quad (1)$$

dobimo za končno temperaturo

$$T = \frac{p}{p_0} T_0 = \frac{p_0 + \frac{F}{S}}{p_0} T_0 = 296 \text{ K} = 23 \text{ }^\circ\text{C}.$$

[4 t.]

b) Toploto dovajamo pri konstantni prostornini in velja

$$Q = mc_v(T - T_0).$$

Maso izračunamo iz splošne plinske enačbe:

$$m = \frac{Mp_0V}{RT_0}$$

in dobimo

$$Q = \frac{Mp_0V}{RT_0} \frac{R}{M(\kappa - 1)} (T - T_0) = \frac{p_0V}{(\kappa - 1)} \left(\frac{T}{T_0} - 1 \right).$$

Upoštevamo (1) in dobimo

$$Q = \frac{V(p - p_0)}{(\kappa - 1)} = \frac{VF}{S(\kappa - 1)} = 8,5 \text{ J}.$$

[6 t.]

3. Podatki: $k = 1 \text{ N/m}$, $S = 1 \text{ m}^2$, $h_0 = 1 \text{ mm}$, $U_0 = 7,5 \text{ V}$, $h = h_0/2$

a) Na kondenzatorju se nabere naboj

$$e = CU_0 = \frac{\epsilon_0 S}{h_0} U_0 = 66,8 \text{ nAs}.$$

Električna poljska jakost je

$$E = \frac{e}{\epsilon_0 S} = \frac{U_0}{h_0} = 7,5 \text{ kV/m}.$$

[3 t.]

b) Ker se pri premikanju plošč naboj ne spreminja, se tudi električna poljska jakost ne spreminja in ostaja sila prve plošče na drugo konstantna:

$$F_e = \frac{1}{2}eE = \frac{e^2}{2\epsilon_0 S} = 0,25 \text{ mN}.$$

Pri tem smo upoštevali le polje ene plošče, ki je polovica celotnega polja v kondenzatorju. Ravnovesna lega je tam, kjer se elastična sila vzmeti izenači z električno silo:

$$F_e = k(h_0 - h), \quad h = h_0 - \frac{F_e}{k} = h_0 - \frac{e^2}{2\epsilon_0 S k} = h_0 - \frac{\epsilon_0 S U_0^2}{2k h_0^2} = 0,75 \text{ mm}.$$

[4 t.]

c) V tem primeru se naboj na ploščah spreminja in s tem tudi sila:

$$F_e = \frac{1}{2}eE = \frac{e^2}{2\epsilon_0 S} = \frac{\epsilon_0 S U^2}{2h^2},$$

pri čemer smo s h označili razmik med ploščama. V ravnovesju:

$$\frac{\epsilon_0 S U^2}{2h^2} = k(h_0 - h).$$

Upoštevamo $h = h_0/2$ in dobimo

$$U = \sqrt{\frac{k h_0^3}{4\epsilon_0 S}} = 5,3 \text{ V}.$$

[3 t.]

3 Skupina III – rešitve

1. Podatki: $U_1 = 13,0 \text{ V}$, $U_2 = 12,7 \text{ V}$, $U_n = 12,0 \text{ V}$, $U_3 = 9,5 \text{ V}$, $P_1 = 110 \text{ W}$, $P_2 = 100 \text{ W}$

a) Upora žarometov in žarnic dobimo iz podatka za moč pri nazivni napetosti:

$$R_1 = \frac{U_n^2}{P_1}, \quad R_2 = \frac{U_n^2}{P_2}.$$

Tokova, ki ju akumulator poganja v obeh primerih sta

$$I_1 = \frac{U_1}{R_1} = \frac{P_1 U_1}{U_n^2} = 9,9 \text{ A},$$
$$I_2 = \frac{U_2}{R_1} + \frac{U_2}{R_2} = \frac{(P_1 + P_2) U_2}{U_n^2} = 18,5 \text{ A}.$$

[4 t.]

b) Gonilna napetost akumulatorja je U_0 , njegov notranji upor pa R_N . Določimo ju s prvim delom poskusa. Gonilna napetost je vedno enaka vsoti padcev napetosti v vezju. Za prvo in drugo vezavo porabnikov sta

$$U_0 = R_N I_1 + U_1,$$
$$U_0 = R_N I_2 + U_2.$$

Od tod takoj sledi

$$R_N = \frac{U_1 - U_2}{I_2 - I_1} = 0,035 \Omega$$

in

$$U_0 = R_N I_1 + U_1 = 13,3 \text{ V}.$$

[4 t.]

Zagonski tok izračunamo iz znanih padcev napetosti:

$$U_0 = R_N I_z + U_3, \quad I_z = \frac{U_0 - U_3}{R_N} = 110 \text{ A}.$$

[2 t.]

2. Podatki: $\varphi = 30^\circ$, $l = 1,5 \text{ m}$, $v_1/v_2 = 2$

Palici se vrtita okrog svojega spodnjega krajišča. Maso posamezne palice označimo z m , dolžino z l , hitrosti palic tik nad tlemi z v_1 in v_2 (kjer indeks 1 predstavlja večjo od hitrosti), naklon hriba pa s φ .

a) Kinetična energija, ki jo palici pridobita ob padcu, pride iz razlike v potencialni energiji. Palicama se lega težišča iz prvotnih $l/2$ (merjeno od spodnjega krajišča palic) spremeni na $-l/2 \sin \varphi$ in $l/2 \sin \varphi$, tako da sta spremembi višine palic enaki

$$\Delta h_1 = (1 + \sin \varphi)l/2, \quad \Delta h_2 = (1 - \sin \varphi)l/2.$$

[2 t.]

Obe spremembi višine nato upoštevamo v enačbi za ohranitev energije, kjer imamo opravka z rotacijsko kinetično energijo palic:

$$W_{\text{kin}2} = W_{\text{pot}1}, \quad \frac{1}{2}J\omega^2 = mg \Delta h, \quad J = \frac{1}{12} ml^2 + m \left(\frac{l}{2}\right)^2 = \frac{ml^2}{3},$$

[2 t.]

$$\frac{1}{2} \frac{ml^2}{3} \omega_1^2 = mg \Delta h_1, \quad (2)$$

$$\frac{1}{2} \frac{ml^2}{3} \omega_2^2 = mg \Delta h_2. \quad (3)$$

[1 t.]

Hitrosti krajišč lahko s kotno hitrostjo palic povežemo z enačbama

$$v_1 = \omega_1 l, \quad (4)$$

$$v_2 = \omega_2 l. \quad (5)$$

Od tod dobimo

$$mv_1^2/6 = mgl(1 + \sin \varphi)/2, \quad v_1 = \sqrt{3gl(1 + \sin \varphi)} = 8,1 \text{ m/s},$$

$$mv_2^2/6 = mgl(1 - \sin \varphi)/2, \quad v_2 = \sqrt{3gl(1 - \sin \varphi)} = 4,7 \text{ m/s}.$$

[2 t.]

b) Če enačbi (2) in (3) delimo, in upoštevamo enačbi za hitrosti krajišč palic (4) in (5), dobimo

$$v_1^2/v_2^2 = \omega_1^2/\omega_2^2 = \Delta h_1/\Delta h_2,$$

$$(v_1/v_2)^2 = 4 = \frac{1 + \sin \varphi}{1 - \sin \varphi}, \quad 4(1 - \sin \varphi) = 1 + \sin \varphi,$$

$$\varphi = \arcsin \frac{3}{5} = 36,9^\circ.$$

[3 t.]

3. Podatki: $S = 4 \text{ m}^2$, $\Phi_V = 2 \text{ l/min}$, $T_o = 17 \text{ }^\circ\text{C}$, $\lambda/d = 10 \text{ W/m}^2 \text{ K}$, $c_p = 4200 \text{ J/kgK}$, $\rho = 1000 \text{ kg/m}^3$, $j = 800 \text{ W/m}^2$

a) Toplotni tok s Sonca se porablja za segrevanje vode:

$$P = jS = \frac{mc_p\Delta T}{t} = \rho \frac{V}{t} c_p \Delta T = \rho c_p \Phi_V \Delta T.$$

Od tod dobimo za spremembo temperature vode

$$\Delta T = \frac{jS}{\rho c_p \Phi_V} = 22,9 \text{ }^\circ\text{C}.$$

[3 t.]

b) V tem primeru upoštevamo, da se del vpadnega toka prevaja skozi spodnjo steno:

$$jS = \rho c_p \Phi_V \Delta T + S \frac{\lambda \Delta T}{d} = \left(\rho c_p \Phi_V + S \frac{\lambda}{d} \right) \Delta T$$

in dobimo

$$\Delta T = \frac{jS}{\rho c_p \Phi_V + S \frac{\lambda}{d}} = 17,8 \text{ }^\circ\text{C}.$$

[3 t.]

c) Gostota toplotnega toka, ki ga oddaja zgornja plošča, je enaka razliki med gostoto toka, ki ga seva pri temperaturi $T = T_o + \Delta T$, in gostoto toka, ki ga seva okolica pri temperaturi T_o :

$$j^* = \sigma(T^4 - T_o^4) = \sigma((T_o + \Delta T)^4 - T_o^4) \approx 4\sigma T_o^3 \Delta T.$$

Izsevani tok upoštevamo v energijski bilanci in dobimo

$$jS = \rho c_p \Phi_V \Delta T + S \frac{\lambda \Delta T}{d} + S j^* = \left(\rho c_p \Phi_V + S \frac{\lambda}{d} + 4S\sigma T_o^3 \right) \Delta T.$$

Sledi

$$\Delta T = \frac{jS}{\rho c_p \Phi_V + S \frac{\lambda}{d} + 4S\sigma T_o^3} = 15,8 \text{ }^\circ\text{C}.$$

[4 t.]